

10647548  
12.23-03



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑩ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 101 60 451 A 1

⑩ Int. Cl. 7:  
H 05 K 3/14  
H 05 B 3/74  
H 05 B 3/26  
H 05 B 3/46  
C 23 C 4/12

⑩ Aktenzeichen: 101 60 451.3  
⑩ Anmeldetag: 5. 12. 2001  
⑩ Offenlegungstag: 26. 6. 2003

⑩ Anmelder:  
Schott Glas, 65122 Mainz, DE

⑩ Vertreter:  
Witte, Weller & Partner, 70178 Stuttgart

⑩ Erfinder:  
Wermbter, Karsten, Dr., 55267 Budenheim, DE; Li, Chuanfei, 70569 Stuttgart, DE; Killinger, Andreas, Dr., 70794 Filderstadt, DE; Gadow, Rainer, Prof. Dr., 84544 Aschau, DE; Hinreiner, Wolfgang, 73235 Weilheim, DE

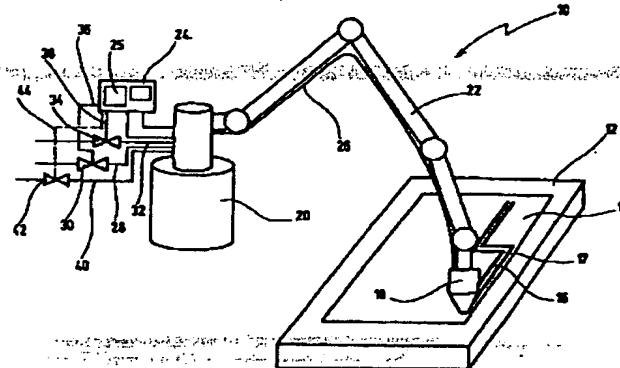
⑩ Entgegenhaltungen:  
DE 34 34 334 A1  
DE 33 25 204 A1  
DE 20 07 818 A1  
DE 23 19 997  
US 48 08 490  
EP 08 61 014 A2

Siegmund, St., Barthel, K.: Thermisch gespritzte Dickschichten für aktive und passive Elektronikbauteile. In: Bull. d. SEV, Vol. 90, Nr. 21, 1999, Seite 11-15;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

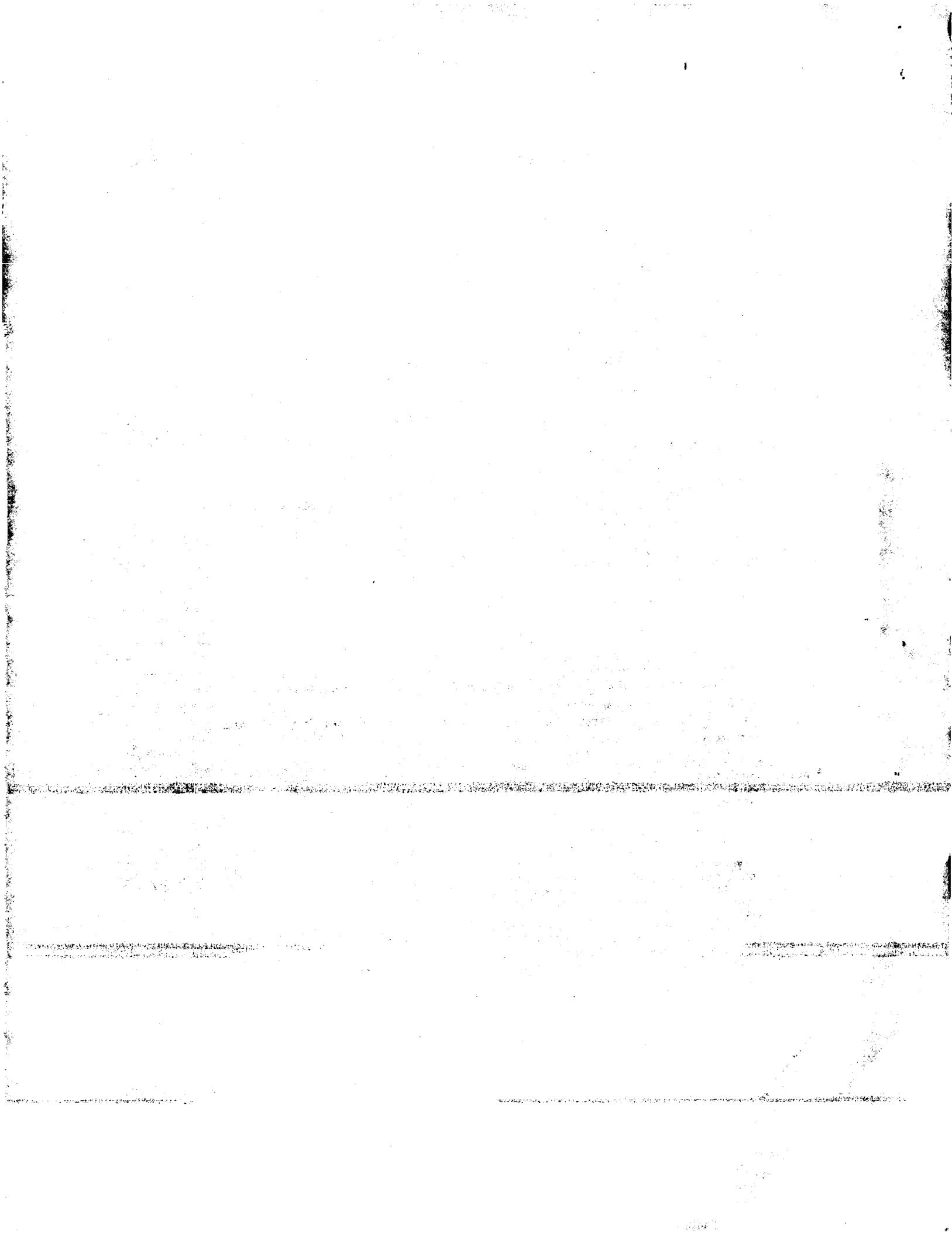
⑩ Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn auf einem Substrat

⑩ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn (16, 17), insbesondere eines Flächenheizkörpers auf einem Substrat (14) angegeben, bei dem ein elektrisch leitfähiges Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plamaspritzen, mittels eines Brenners (18) auf das Substrat (14) aufgespritzt wird, während Brenner (18) und Substrat (14) relativ zueinander bewegt werden. Durch eine gezielte Anpassung der Spritzparameter und/oder der Relativgeschwindigkeit oder -richtung zwischen Substrat (14) und Brenner (18) während des Spritzvorgangs wird eine örtliche Variation der geometrischen Form oder der Erstreckungsrichtung der erzeugten Leiterbahn (16, 17) und/oder der elektrischen Leitfähigkeit der erzeugten Leiterbahn (16, 17) erzielt.



DE 101 60 451 A1

DE 101 60 451 A1



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn, insbesondere eines Flächenheizleiters, auf einem Substrat, bei dem ein elektrisch leitfähiges Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plamaspritzen, mittels eines Brenners auf das Substrat aufgespritzt wird, während Brenner und Substrat relativ zueinander bewegt werden.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine geeignete Vorrichtung zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

[0003] Bei der Entwicklung von Kochfeldern mit energie sparender Direktbeheizung stehen Kochsysteme im Vordergrund, bei denen die Heizleiter unmittelbar auf die Unterseite des Kochfeldes, gegebenenfalls unter Zwischenlage einer Isolierschicht, aufgebracht werden. Auf diese Weise werden die Verluste vermieden, die bei herkömmlichen Kochfeldern bisher mit der Beheizung durch im Abstand von der Kochplatte vorgesehenen Heizkörper verbunden sind, bei denen die Energieübertragung auf die Kochplatte im wesentlichen durch Strahlungsenergie erfolgt. Die An kochleistung und das Steuerverhalten können somit erheblich verbessert werden.

[0004] Ein derartiges Kochsystem ist bspw. aus der EP 0 853 444 A2 bekannt.

[0005] Hierbei besteht das Kochfeld aus einer Kontaktwärme übertragenden Elektrokokplatte, die aus einer nicht-oxidischen Keramik, insbesondere aus Siliciumnitrid, besteht, auf deren Unterseite ein Heizwiderstand aufgetragen ist. Der Heizwiderstand kann als aus einer aufgedruckten Paste gebildeter Dickschicht-Heizwiderstand oder als Dünnschicht-Heizwiderstand ausgebildet sein. Der Heizwiderstand kann durch ein thermisches Spritzverfahren wie Flamm- oder Plamaspritzen aufgebracht sein, wobei zwischen Kochplattenkörper und Heizwiderstand eine elektrische Isolationsschicht, die etwa aus Aluminiumoxid besteht, aufgebracht sein kann.

[0006] Die Herstellung derartiger Kochsysteme ist durch die Auftragung des Heizleiters durch thermisches Spritzen vereinfacht.

[0007] Bei modernen Kochplattensystemen werden allerdings spezielle Anforderungen an die Verteilung der Heizleiter auf dem Kochfeld gestellt. So werden spezielle Flächengestaltungen für die zu beheizende Grundfläche, wie etwa kreisförmig, quadratisch, segmentiert usw. gefordert. Ferner ist ein variabler Leistungseintrag in unterschiedliche Segmente oder Bereiche einer Heizzone erwünscht. Verschiedene Segmente oder Zonen der zu beheizenden Fläche werden dabei mit unterschiedlichen Heizleistungen ausgestattet.

[0008] Um derartige speziell angepaßte Heizleiter durch thermisches Spritzen auf einem Substrat zu erzeugen, muß mit aufwendigen Maskierungsverfahren gearbeitet werden. Ferner müssen teilweise unterschiedliche Heizleitermaterialien verwendet werden, um bestimmte Heizzonen mit höherem elektrischen Widerstand und andere Heizzonen mit geringerem elektrischen Widerstand zu erzeugen. Für die Anwendung bei Kochsystemen werden an die Heizkörper eine ganze Reihe von Anforderungen gestellt, wie eine Dauer temperaturfestigkeit bis etwa 600°C, Oxidationsbeständigkeit, hohe Leistungsdichten, homogene Leistungsdichten, ein hoher Flächenbelegungsgrad. Eine besondere Bedeutung kommt auch einer variablen Flächengestaltung des Heizleiters sowie einem variablen Leistungseintrag in unterschiedliche Segmente der Kochzone zu.

[0009] Der letzteren Anforderung kann man durch unterschiedliche spezifische Flächenwiderstände oder unter-

schiedliche Geometrien der Heizschichten (Verhältnis von Länge zu Querschnitt des Leiters) Rechnung tragen. Hierzu werden bei gedruckten Dickschichtheizungen mit Silberleitpasten mäanderförmige Leiterbahnen aufgedruckt. Der Widerstand und damit die Leistung der mäanderförmigen Bahnen läßt sich durch die Leiter- bzw. Mäanderlänge, den Leiterquerschnitt und den Anteil der leitfähigen Komponente in der Leitpaste beeinflussen.

[0010] Gemäß der EP-A-0 861 014 wird ein Heizsystem mit mehreren Teilsegmenten offenbart, bei dem der Heizleiter aus einem Email besteht, das mittels einer Siebdrucktechnik auf das Substrat aufgebracht wird.

[0011] Als nachteilig hat sich hierbei die mangelnde thermische Stabilität bei Betriebstemperaturen zwischen 400 und 500°C gezeigt. Die durch Siebdruck aufgebrachten Schichten beinhalten neben dem metallischen Leiter einen glasigen Anteil, damit die Fließtemperaturen beim Schichteneinbrand gesenkt werden können. Die niedrigschmelzenden Gläslote im Gemisch der Paste sorgen dafür, daß bei Einbrenntemperaturen um 650°C eine dichte geschlossene Leiterschicht entsteht. Die Betriebstemperatur und die Einbrandtemperatur liegen hierbei jedoch nahe beieinander, so daß die Glasanteile im Betrieb nahe des Erweichungspunktes liegen, wodurch die Stabilität beeinträchtigt wird. Das Vorhandensein der Gläslote reduziert ferner den metallischen, leitenden Anteil. Teilegmente der Leiterbahn, die lokal einen erhöhten Glasanteil haben, sind Bereiche mit höherem Widerstand. Bei Stromdurchfluß kann es gegebenenfalls zu Überhitzung und zu Materialversagen kommen. Außerdem kann bei derartigen Heizleitern eine Rißbildung beim Einbrand der Leitpasten auftreten.

[0012] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn, insbesondere eines Flächenheizleiters, auf einem Substrat zu schaffen, mit dem die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden. Insbesondere sollen die Geometrie und der elektrische Widerstand der erzeugten Leiterbahn den jeweiligen Systemspezifikationen in möglichst weiten Grenzen entsprechend anpaßbar sein. Dabei soll die Herstellung so einfach und kostengünstig wie möglich gestaltet werden.

[0013] Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch ein Verfahren zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn, insbesondere eines Flächenheizleiters, auf einem Substrat gelöst, bei dem ein elektrisch leitfähiges Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plamaspritzen, mittels eines Brenners auf das Substrat aufgespritzt wird, während Brenner und Substrat relativ zueinander bewegt werden, wobei durch eine gezielte Anpassung der Spritzparameter und/oder der Relativgeschwindigkeit oder -richtung zwischen Substrat und Brenner während des Spritzvorgangs eine örtliche Variation der geometrischen Form oder der Erstreckungsrichtung der erzeugten Leiterbahn und/oder der elektrischen Leitfähigkeit der erzeugten Leiterbahn erzielt wird.

[0014] Die Aufgabe der Erfindung wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

[0015] Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren kann eine elektrische Leiterbahn durch thermisches Spritzen auf einem Substrat erzeugt werden, wobei es sich um ein besonders kostengünstiges und zuverlässiges Verfahren handelt. Die erzeugte Leiterbahn ist bei Verwendung eines geeigneten elektrisch leitfähigen Materials ausreichend oxidationsbeständig und hochtemperaturbeständig, um auch bei Betriebstemperaturen von bis zu 500°C oder mehr, wie sie etwa bei Kochfeldern auftreten können, verwendbar zu sein. Ohne daß verschiedene elektrisch leitfähige Materialien oder spezielle Maskierungsverfahren notwendig sind, kön-

nen die gewünschten geometrischen Variationen der Form, des Querschnitts und der Erstreckungsrichtung der erzeugten Leiterbahn sowie gegebenenfalls der elektrischen Leitfähigkeit der erzeugten Leiterbahn während der Herstellung durch thermisches Spritzen unmittelbar erzielt werden.

[0016] Dies stellt eine erhebliche Verbesserung zu herkömmlichen Verfahren dar. Insbesondere durch die Relativgeschwindigkeit zwischen Brenner und Substrat kann die Schichtdicke und -breite eingestellt werden, so daß der elektrische Widerstand der erzielten Leiterbahn örtlich variiert werden kann. Hierbei können ferner geradlinige, abgewinkelte oder gekrümmte Leiterbahnen hergestellt werden.

[0017] Die Aufgabe der Erfindung wird ferner durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischen Leiterbahnen, insbesondere von Heizleiterbahnen auf einem Substrat gelöst, mit einer Substrataufnahme zur Aufnahme des Substrates mit einem Brenner zum Auftragen von elektrisch leitfähigem Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plasmabrennen, auf das Substrat, mit einer Brenneraufnahme, an der der Brenner gehalten ist, wobei mindestens eine der beiden Aufnahmen Antriebsmittel zur Bewegung der Aufnahme relativ zur anderen Aufnahme aufweist, und mit einer Steuereinrichtung, die Mittel zur Eingabe und Speicherung eines Programms aufweist, und wobei die Steuereinrichtung zumindest mit dem Brenner oder den Antriebsmitteln gekoppelt ist, um zumindest die Bewegung der Antriebsmittel oder die Einstellung von Spritzparametern, wie etwa der Zufuhrrate von elektrisch leitfähigem Material zum Brenner, den Abstand des Brenners vom Substrat oder das Gasflußverhältnis von dem Brenner zugeführten Gasen programmgesteuert zu verändern.

[0018] Bei Verwendung einer derartigen Vorrichtung können die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens in der verschiedenartigsten Weise genutzt werden.

[0019] Hier kann bspw. der Brenner an einem Roboter aufgenommen sein, mittels dem der Brenner relativ zum Substrat gesteuert bewegt werden kann.

[0020] Alternativ wäre es grundsätzlich auch denkbar, das Substrat relativ zum Brenner mittels einer automatischen Steuerung in mindestens einer Achse in bezug auf den Brenner zu bewegen.

[0021] Als einfacher und vorteilhafter wird jedoch die Verwendung eines Robotersystems zum gesteuerten Verfahren des Brenners angesehen. Es versteht sich, daß statt der Verwendung eines Robotersystems auch beliebige andere Antriebssysteme verwendet werden können, sofern diese gesteuerte Bewegungen in mindestens einer Achse ermöglichen. So können bspw. eine oder mehrere gesteuerte antriebbare Linearachsen miteinander gekoppelt werden, um die gewünschte Bewegung des Brenners zu erzielen.

[0022] Wird die Relativgeschwindigkeit zwischen Brenner und Substrat verändert, so lassen sich die Schichtdicke und die Schichtbreite der erzeugten Leiterbahn beeinflussen.

[0023] Gegebenenfalls kann zusätzlich in gewissen Grenzen der Abstand zwischen Brenner und Substrat verändert werden, wodurch die Breite der erzeugten Leiterbahn beeinflußt wird.

[0024] Des weiteren läßt sich durch eine Veränderung der Zufuhrrate des elektrisch leitfähigen Materials zum Brenner während des Spritzvorgangs die Schichtdicke bzw. Schichtbreite der erzeugten Leiterbahn beeinflussen.

[0025] Sofern eine größere Breite oder Höhe einer Leiterbahn erzeugt werden muß, als mit einem einzigen Spritzauftrag erzielbar ist, so kann die Leiterbahn zumindest teilweise mehrfach überfahren werden, um elektrisch leitfähiges Material aufzuspritzen. Auf diese Weise lassen sich größere Schichtdicken und -breiten erzeugen.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens werden zumindest zwei benachbarte Leiterbahnen ohne Maskierung des dazwischen liegenden Substrates gespritzt.

[0027] Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß der überlappende Sprühnebel zwischen benachbarten Leiterbahnen nicht elektrisch leitend ist, falls der Abstand zwischen den Leiterbahnen groß genug gewählt wird.

[0028] Verfährt der Brenner ausreichend schnell zwischen benachbarten Leiterbahnen, die nicht miteinander in Kontakt gelangen sollen, so muß der Spritzvorgang nicht einmal unterbrochen werden, um an unterschiedlichen Stellen des Substrates in einem Arbeitsgang Leiterbahnen zu erzeugen, die nicht miteinander in Kontakt stehen. Dies stellt eine erhebliche Vereinfachung des Herstellverfahrens dar.

[0029] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0030] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

[0031] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

[0032] Fig. 2 einen mäanderförmigen Heizkörper, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist;

[0033] Fig. 3 ein Kochfeld mit einer Mehrzahl von erfindungsgemäß hergestellten Heizkörpern und

[0034] Fig. 4 einen rohrförmigen Körper mit erfindungsgemäß hergestellten Heizkörpern.

[0035] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung rein schematisch dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10 bezeichnet. Die Vorrichtung 10 weist eine Substrataufnahme 12 auf, bei der es sich bspw. um einen Tisch oder eine andere geeignete Unterlage handeln kann. Auf die Substrataufnahme 12 wird ein Substrat 14 aufgelegt, das mit einer oder mehreren elektrischen Leiterbahnen beschichtet werden soll. Beim bevorzugten Anwendungsbereich handelt es sich bei dem Substrat 14 um eine Platte aus Glaskeramik oder Glas für eine Keramik-Kochfeld, auf die elektrische Leiterbahnen, insbesondere Heizleiterschichten durch thermisches Spritzen aufgebracht werden sollen. Bei dem Substrat 14 kann es sich also bspw. um eine Glaskeramik wie etwa CERAN® handeln, auf die Heizleiterschichten aufgespritzt werden sollen. Bekanntlich besitzt eine solche Glaskeramik eine NTC-Charakteristik, d. h. daß bei ansteigenden Temperaturen die elektrische Leitfähigkeit merklich zunimmt. Somit ist es notwendig, vor der Auftragung von elektrischen Leiterbahnen bzw. Heizkörperflächen zunächst eine keramische Isolierschicht auf die Substratoberfläche aufzutragen, bspw. aus Aluminiumoxid, was gleichfalls durch thermisches Spritzen erfolgen kann. Im dargestellten Fall wird davon ausgegangen, daß vor der Auftragung von elektrischen Leiterbahnen an den diesbezüglichen Stellen bereits eine geeignete keramische Isolierschicht vorzugsweise durch thermisches Spritzen mit geeigneter Schichtdicke von bspw. 100 bis 500 µm aufgetragen wurde.

[0036] Im dargestellten Fall wird sowohl zur Auftragung von keramischen Isolierschichten oder Haftvermittlerschichten, etwa aus  $Al_2O_3$ , als auch zur Erzeugung von elektrischen Leiterbahnen auf der Oberfläche des Substrates das sogenannte atmosphärische Plasmabrennen verwendet.

Beim Plasmabrennen brennt in einem Plasmabrenner in der Regel zwischen einer stabförmigen Wolframelektrode und einer wassergekühlten Kupferanode in einer Gasatmosphäre (Stickstoff/Wasserstoff; Argon/Wasserstoff; Argon/Helium)

ein Lichtbogen mit hoher Energiedichte. Der Lichtbogen wird mit Hochfrequenz gezündet. Aufgrund der Wärmeenergie des Lichtbogens kommt es zur Ionisation des Plasmagases. Bei der Rekombination der Ionen zu neutralen Gasmolekülen wird Wärmeenergie frei, und ein elektrisch neutraler Plasmastrahl verlässt mit hoher Temperatur und Geschwindigkeit die Anode. Mit Hilfe eines Fördergases wird pulverisierter Spritzstoff in die Plasmaflamme eingebracht, geschmolzen, beschleunigt und mit hoher kinetischer Energie auf die zu beschichtende Oberfläche gespritzt.

[0037] Ein derartiger Plasmabrenner für das Plamaspritzverfahren ist in Fig. 1 lediglich rein schematisch mit der Ziffer 18 angedeutet. Der Brenner 18 ist an einem Roboterarm 22 eines Roboters 20 aufgenommen. Hierdurch wird eine Bewegung des Brenners 18 auf wahlweise gekrümmten oder linearen Bahnen in x-Richtung, y-Richtung und z-Richtung in numerisch gesteuerter Weise ermöglicht. Je nach den gewünschten Anforderungen kann es sich dabei um einen Knickarmroboter handeln, dessen Roboterarm 22 um mehrere Achsen gesteuert verschwenkbar ist, so daß sowohl Bewegungen auf gekrümmten Bahnen als auch Bewegungen auf linearen Bewegungsbahnen infolge der Überlagerung von mehreren Schwenkbewegungen erzielt werden können. Alternativ oder zusätzlich dazu können auch eine oder mehrere gesteuerte Linearachsen vorgesehen sein. Jedenfalls ist der Roboterarm 22 oder die so gebildete Brenneraufnahme derart ausgebildet, daß der Brenner 18 gesteuert zumindest in einer Ebene in x- und y-Richtung verfahrbar ist, vorzugsweise zusätzlich noch senkrecht dazu in z-Richtung.

[0038] In Fig. 1 ist eine Versorgungsleitung, die ein ganzes Bündel von Einzelleitungen für den Brenner 18 umfaßt, lediglich vereinfacht mit der Ziffer 26 dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine Gasleitung zur Zuführung von Argon oder einem anderen Inertgas, sowie um eine weitere Gasleitung zur Zuführung von Wasserstoff, sowie um eine Trägergasleitung zur gasgestützten Zuführung des pulverisierten Spritzstoffes zum Brenner 18. Die Einzelleitungen für die Plasmagaszuführung (Ar und H<sub>2</sub>) sind schematisch mit den Ziffern 28 und 32 angedeutet und mit geeigneten steuerbaren Dosierventilen 30 bzw. 34 versehen. Auch ein entsprechender Leitungszweig der Trägergasleitung für die Zuführung des pulverisierten Spritzstoffes ist mit der Ziffer 40 angedeutet und mit einem geeigneten steuerbaren Dosierventil 42 versehen.

[0039] Die Vorrichtung 10 umfaßt ferner eine zentrale Steuereinrichtung 24, mit der die Bewegung des Brenners 18 relativ zur Oberfläche des Substrates 14 gesteuert werden kann und gleichzeitig die wichtigsten Spritzparameter des Brenners 18 gesteuert werden können. Hierzu gehören der Abstand des Brenners 18 von der Substratoberfläche 14, was bereits durch die Steuerung der Bewegung des Roboterarms 22 vorgegeben ist, das Gasflußverhältnis zwischen Argon und Wasserstoff, die Zufuhrrate für den Spritzstoff, d. h. die Pulverförderrate, und die Substrattemperatur, die gegebenenfalls durch Kühlung oder Heizung beeinflußt werden kann. Die zentrale Steuereinrichtung 24, bei der es sich bspw. um eine SPS-Steuerung handeln kann, steuert zumindest die Bewegung des Roboterarms 22 und gegebenenfalls zusätzlich einzelne der Spritzparameter. Die Steuereinrichtung 24 verfügt natürlich über geeignete Eingabe- und Speichermittel 25, eine geeignete Prozessoreinrichtung und Schnittstellen. Bei der Steuereinrichtung 24 kann es sich um einen in den Roboter 20 integrierte Steuerung handeln, jedoch auch um eine zusätzliche externe oder gegebenenfalls PC-gestützte Steuerung. In Fig. 1 sind lediglich rein schematisch Steuerteile 36, 38, 44 zur Steuerung der Dosierventile 30, 34, 42 für die beiden Plasmagaskleitungen 28,

32 und Trägergasleitung 40 für die Pulverzuführung ange deutet.

[0040] Nach dem erfundungsgemäßen Verfahren wird nunmehr die Bewegung des Brenners 18 während des Plamaspritzvorgangs relativ zur Oberfläche des Substrates 14 programmgesteuert geführt, wobei gleichzeitig gegebenenfalls einzelne Spritzparameter geregelt werden können. Auf diese Weise können die erzeugten Leiterbahnen in ihrer Geometrie, d. h. insbesondere in Breite und Höhe, an gewünschte Vorgaben angepaßt werden, wobei gleichzeitig beliebige geradlinige, gekrümmte oder auch dreidimensional gekrümmte Leiterbahnen hergestellt werden können.

[0041] Der elektrische Widerstand eines Leiters R ergibt sich bekanntlich nach der Formel  $R = (\rho \times l)/A$  mit  $\rho$  = spezifischer Widerstand des Materials, l = Leiterlänge und A = Leiterbahnquerschnitt. Somit gilt  $R = (\rho \times l)/(b \times h)$ , mit b = Leiterbreite und h = Leiterhöhe.

[0042] Um den elektrischen Widerstand insbesondere von elektrischen Leiterbahnen, die für Flächenheizkörper auf Kochfeldern verwendet werden, örtlich variieren zu können, wird somit insbesondere die Breite und die Höhe der jeweiligen erzeugten Leiterbahn entsprechend angepaßt. Die mit dem Spritzstrahl erzeugte Leiterbahnbreite ist einstellbar durch die Auswahl des Plasmabrennertyps und den Abstand

25 zwischen Brenner und Substrat. Da der Abstand zwischen Brenner und Substrat in der Regel nicht verändert werden soll, um ein gewünschtes optimiertes Oxidationsverhalten bei der Herstellung der betreffenden Leiterbahn einzuhalten, wird insbesondere die Vorschubgeschwindigkeit und die

30 Pulverförderrate gesteuert, um die Schichtdicke der erzeugten Leiterbahn gezielt einstellen zu können. Zusätzlich können natürlich beliebige Geometrien von Leiterbahnen gespritzt werden, etwa mäanderförmige Leiterbahnen, die insbesondere für Heizleiter auf Kochsystemen besonders be vorzugt sind. Als Beschichtungswerkstoffe für die Erzeugung von Heizleiterflächen, etwa auf Kochfeldern, sind insbesondere für Einsatztemperaturen bis ca. 1200°C sogenannte Heizleiterlegierungen bevorzugt. Hierbei handelt es vornehmlich um Nickel-Chrom-Basislegierungen (z. B. 2.4658) und Chrom-Aluminium-Basislegierungen (z. B. 1.4725) mit Zusätzen aus Aluminium, Kupfer, Eisen und Silicium. Diese Werkstoffe sind im Stahlschlüssel unter der Werkstoffgruppe 12 (hitzebeständige Stähle, Heizlegierungen) zusammengefaßt. Alle diese Legierungen können thermisch gespritzt werden.

[0043] Für höchste Oxidationsbeständigkeitsanforderungen werden quaternäre Legierungen, sogenannte M-CrAlY-Werkstoffe thermisch gespritzt, mit M = Ni, Co, Cr, Fe oder Legierungen, wie FeCo; CoCr. Zur weiteren Steigerung der Oxidationsbeständigkeit können Refraktärmetalle wie Hf und Ta in Spuren zulegiert werden.

[0044] Im allgemeinen sind als Heizleiterwerkstoffe für den dargestellten Anwendungsfall auf Kochplatten oder Rohrheizern jedoch die vorstehend genannten Nickel-Chrom-Basislegierungen und Chrom-Aluminium-Basislegierungen ausreichend. Durch eine geeignete Verfahrensführung wird die beim atmosphärischen Plamaspritzt immer in gewissem Maße auftretende Oxidation des aufgespritzten Metallwerkstoffes möglichst gering gehalten. Der Oxidationsvorgang kann in zwei Phasen eingeteilt werden, nämlich zum einen in die Oxidation während der Partikel-Flugphase und zum anderen in die Oxidation während der Erstarrungsphase auf dem Substrat.

[0045] Die Partikeloxidation in der Flugphase wird wesentlich durch die Spritzparametereinstellung beeinflußt. Das Verhindern des Partikeltdurchschmelzens (einstellbar z. B. über die Partikelgröße im Spritzpulver) sowie die Reduktion der Partikel-Flugzeit bzw. die Erhöhung der Parti-

kelgeschwindigkeit bilden die wichtigsten Maßnahmen gegen Oxidation. Dies kann beim Plasmaspritzen durch die Einstellung des Gasflußverhältnisses zwischen Argon und Wasserstoff realisiert werden. Der Wasserstoffanteil bestimmt dabei auch wesentlich die Energiedichte im Gas und damit die in der Flugphase auf das Partikel übertragene thermische Energie.

[0046] Weiterhin spielt der Spritzabstand eine große Rolle. Bei zu großem Spritzabstand nimmt die Partikeloxidation zu, da der durch Verwirbelungseffekte in die Plasmastromme eingetragene Luftsauerstoff die Aufoxidation der heißen Schichtoberfläche begünstigt. Dagegen steigt bei zu großem Spritzabstand die Partikel-Flugzeit, die die Oxidation durch die verlängerte Aufenthaltszeit des Partikels in der heißen Plasmazone begünstigt. Im Vergleich zum Spritzabstand haben die Pulverförderrate und der Fördergasdurchfluß weniger Einfluß auf die Partikeloxidation. Eine steigende Pulverförderrate führt meistens zur Reduktion der Oxidation, aber auch zu einer deutlichen Erhöhung der Ei-  
genspannung durch die hohe Auftragsrate.

[0047] Die wichtigsten Einflußfaktoren für die Oxidation in der Erstarrungsphase sind Substrattemperatur und -kühlung. Bleibt die Substrattemperatur beim Beschichtungsprozeß niedrig, wird die Schicht weniger oxidiert. Weiterhin wird durch die Verwendung von Stickstoff als Begleitflüssigkeit anstelle von Druckluft die Oxidation in der Schicht deutlich reduziert.

[0048] Um nun die Widerstände der durch das thermische Spritzen aufgetragenen Leiterbahnen örtlich gezielt einstellen zu können, wird, wie vorstehend bereits erwähnt, insbesondere Breite und Höhe der erzeugten Leiterbahn insbesondere durch die Anpassung von Vorschubgeschwindigkeit und Vorschubrichtung, sowie gegebenenfalls durch die Anpassung der Pulverförderrate und des Brennerabstandes eingestellt. Hierbei kann der elektrische Widerstand der erzeugten Leiterbahn für verschiedene Schichtsegmente übergangslos unterschiedlich eingestellt werden. Ist das Ausmaß der Widerstandsänderung zu gering, so kann eine zusätzliche Widerstandsänderung gegebenenfalls durch Veränderung des Gasflußverhältnisses von dem Brenner zugeführten Gasen, also etwa durch Veränderung des Verhältnisses von Argon zu Wasserstoff, erzielt werden. Dadurch kann der Oxidanteil in der Schicht auf diese Weise verändert werden und somit der elektrische Widerstand lokal verändert werden.

[0049] Dreidimensionale Substrate können bei entsprechendem Bewegungsprogramm ebenfalls mit elektrischen Leiterbahnstrukturen mit homogenem Gefüge versehen werden.

[0050] Die Partikeldichte des aus dem Brenner austretenden Spritzstrahle nimmt beim Plasmaspritzen in der Randzone des Beschichtungskegels ab. Senkrecht zur Fortbewegungsrichtung entsteht bei der Schichtbildung ein Sprühnebel, der auch als Overspray bezeichnet wird. Untersuchungen haben ergeben, daß überraschenderweise dieser Overspray nicht elektrisch leitfähig ist, da er kein zusammenhängendes Leiterband erzeugt. Zur Herstellung etwa einer mäanderförmigen Heizleiterstruktur ist daher keine Verwendung einer Maske zur Separation der einzelnen Mäanderssegmente notwendig, falls nebeneinander liegende Leiter, etwa in die Fig. 1 durch die Leiterbahnen 16 und 17 ange- deutet, einen genügend großen Abstand haben. Bei entsprechend großer Vorschubgeschwindigkeit des Brenners entsteht statt einer Schicht eine Partikelverteilung mit großen intergranularen Abständen. Es wird somit bei hoher Vorschubgeschwindigkeit des Brenners kein zusammenhängendes Leiterband erzeugt, sondern lediglich voneinander isolierte Partikel.

[0051] Auf diese Weise können räumlich voneinander getrennte Heizzonen oder -flächen erzeugt werden, die nicht elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Somit braucht der Partikelfluß beim Beschichtungsprozeß nicht unterbrochen zu werden. Auf Maskierungen der nicht zu beschichtenden Bereiche der Substratfläche kann gegebenenfalls verzichtet werden. Dennoch kann für bestimmte Bereiche die Verwendung von Masken sinnvoll sein, sofern Heizleiter mit konstanterem Dickenprofil bezogen auf den Leitungsquerschnitt gewünscht sind. Die Stromdichte ist über den gesamten Querschnitt des Leiters konstanter als bei einem Schichtauftrag ohne Maske. Der Leiterbahnwiderstand kann hierbei über die Schichtdicke eingestellt werden.

[0052] Sofern größere Schichtdicken erzeugt werden sollen, die bei einem einmaligen Überfahren nicht erreicht werden können, so können einzelne Leiterbahnen oder Leiterbahnschnitte natürlich mehrfach überfahren werden.

[0053] In Fig. 2 bis 4 sind beispielhaft einige Flächenheizkörper dargestellt, die nach dem erfundengemäßen Verfahren bzw. mit der erfundengemäßen Vorrichtung übergangslos durch Plasmaspritzen hergestellt werden können.

[0054] In Fig. 2 ist ein mäanderförmiger Flächenheizkörper mit zwei kontaktierbaren Heizkreisen unterschiedlicher Leistung insgesamt mit der Ziffer 50 bezeichnet. Der Heizkörper 50 kann ohne Verwendung einer Maske im kontinuierlichen Plasmaspritzvorgang abgeschieden werden. Er weist zwei Heizkreise auf, einen ersten Heizkreis zwischen den Anschlüssen 51 und 52 mit einer ersten Leistung, sowie einen zweiten Heizkreis zwischen den Anschlüssen 52 und 53 mit einer zweiten Leistung. Der Flächenheizkörper 50 besteht durchgehend aus dem gleichen Heizleitermaterial und kann ohne Verwendung einer Schablone gespritzt werden.

[0055] In Fig. 3 ist ein Kochfeld insgesamt mit der Ziffer 64 schematisch dargestellt. Das Kochfeld 64 weist eine Glaskeramikplatte aus CERAN® auf, auf deren Unterseite unter Zwischenlage einer keramischen Isolierschicht, die etwa aus Aluminiumoxid bestehen kann, eine Mehrzahl von Heizkörpern durch Plasmaspritzen erzeugt ist.

[0056] In Fig. 3 sind ein erster mäanderförmiger Heizkörper 54, eine zweiter mäanderförmiger Heizkörper 56 für einen größeren Kochgefäßdurchmesser und ein dritter mäanderförmiger Heizkörper 58 für einen kleineren Kochgefäßdurchmesser dargestellt. Zusätzlich sind zwei rechteckförmige Heizkörper 60, 62 dargestellt, die als Warmhaltezonen mit geringerer Leistung dienen.

[0057] Sämtliche der Heizkörper 54, 56, 58, 60, 62 können ohne Verwendung einer Maske und ohne Unterbrechung des Materialflusses gespritzt werden. Zwischen den einzelnen Zonen besteht keine elektrisch leitende Verbindung. Während bei der Erzeugung der einzelnen Leiterbahnen der Heizkörper der Brenner 18 mit geringer Geschwindigkeit verfährt, um zusammenhängende Leiterbahnen der gewünschten Breite und Höhe zu erzeugen, verfährt der Brenner 18 beim Übergang von einem Heizkörper zum nächsten, bspw. beim Übergang vom Heizkörper 54 zum Heizkörper 56 mit hoher Geschwindigkeit, wodurch im Zwischenraum auf dem Substrat keine zusammenhängende Leiterbahn erzeugt wird, sondern lediglich voneinander isolierte Partikel abgeschieden werden.

[0058] In Fig. 4 ist lediglich rein schematisch noch ein rohrförmiger Körper 66 etwa mit einer zylinderförmigen Oberfläche dargestellt. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Ofenmuffel, einen Gastrokner oder einen Fluidheizer handeln, der aus Glas, Glaskeramik oder Keramik (z. B.  $Al_2O_3$ ) besteht. Auch auf einem solchen rohrförmigen Körper 66 können Heizkörper 68, 70 der gewünschten Form und Struktur mit dem erfundengemäßen Verfahren erzeugt

# DE 101 60 451 A 1

9

werden, sofern eine geeignete dreidimensional gesteuerte Verfahrbarkeit und gegebenenfalls Verschwenkbarkeit des Brenners ermöglicht wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer elektrischen Leiterbahn (16, 17), insbesondere eines Flächenheizleiters, auf einem Substrat (14), bei dem ein elektrisch leitfähiges Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plasmaspritzen, mittels eines Brenners (18) auf das Substrat (14) aufgespritzt wird, während Brenner (18) und Substrat (14) relativ zueinander bewegt werden, wobei durch eine gezielte Anpassung der Spritzparameter und/oder der Relativgeschwindigkeit oder -richtung zwischen Substrat (14) und Brenner (18) während des Spritzvorgangs eine örtliche Variation der geometrischen Form oder der Erstreckungsrichtung der erzeugten Leiterbahn (16, 17) und/oder der elektrischen Leitfähigkeit der erzeugten Leiterbahn (16, 17) erzielt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Brenner (18) oder das Substrat (14) mittels einer automatischen Steuerung (24) in mindestens einer Achse relativ zueinander bewegt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Relativgeschwindigkeit zwischen Brenner (18) und Substrat (14) verändert wird, um die Schichtdicke und Schichtbreite der erzeugten Leiterbahn (16, 17) zu beeinflussen.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zufuhrrate des elektrisch leitfähigen Materials zum Brenner (18) während des Spritzvorgangs verändert wird, um die Schichtdicke und Schichtbreite der erzeugten Leiterbahn (16, 17) zu beeinflussen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Abstand zwischen Brenner (18) und Substrat (14) während des Spritzvorgangs verändert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest zwei benachbarte Leiterbahnen (16, 17) ohne Maskierung des dazwischen liegenden Substrates (14) gespritzt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem während des Spritzvorgangs zumindest eine Leiterbahn (16, 17) zumindest teilweise mehrfach überfahren wird, um elektrisch leitfähiges Material aufzuspritzen.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem auf der Oberfläche eines Substrates (14) eine Mehrzahl von voneinander isolierten Leiterbahnen (16, 17) ohne Maskierung des Substrates (14) erzeugt wird, wobei der Brenner (18) zwischen den verschiedenen, voneinander isolierten Leiterbahnen (16, 17) mit hoher Geschwindigkeit verfährt, ohne daß der Spritzstrahl des Brenners (18) unterbrochen wird.
9. Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischen Leiterbahnen (16, 17), insbesondere von Heizleiterbahnen, auf einem Substrat (14), mit einer Substrataufnahme (12) zur Aufnahme des Substrates (14), mit einem Brenner (18) zum Auftragen von elektrisch leitfähigem Material durch thermisches Spritzen, vorzugsweise durch Plasmaspritzen, auf das Substrat (14), mit einer Brenneraufnahme (22), an der der Brenner (18) gehalten ist, wobei mindestens eine der beiden Aufnahmen (12, 22) Antriebsmittel zur Bewegung der Aufnahme (22) relativ zur anderen Aufnahme (12) aufweist, und

10

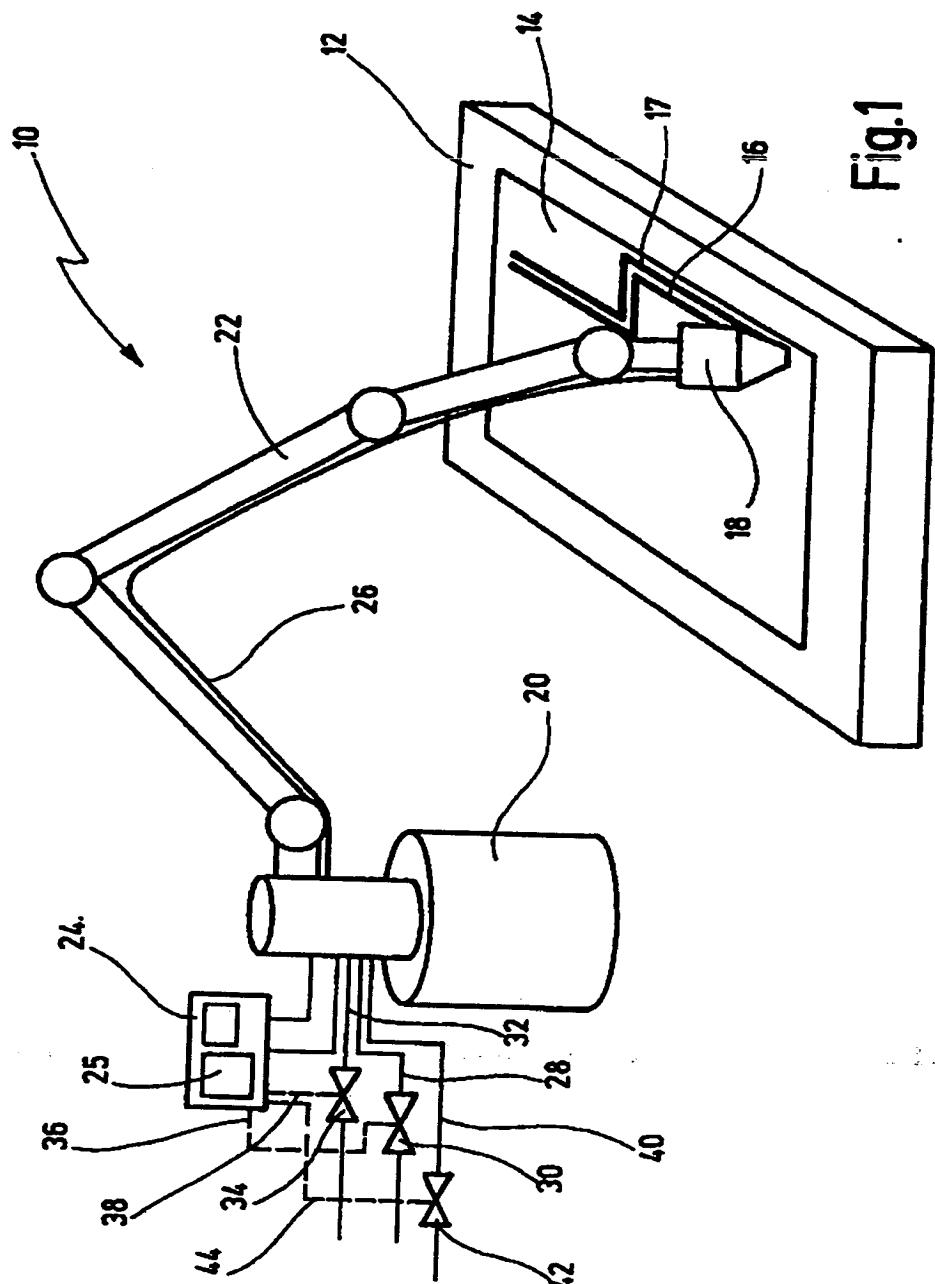
mit einer Steuereinrichtung (24), die Mittel (25) zur Eingabe und Speicherung eines Programms aufweist, und wobei die Steuereinrichtung (24) zumindest mit dem Brenner (18) oder den Antriebsmitteln gekoppelt ist, um zumindest die Bewegung der Antriebsmittel oder die Einstellung von Spritzparametern, wie etwa der Zufuhrrate von elektrisch leitfähigem Material zum Brenner (18), den Abstand des Brenners (18) von Substrat (14) oder das Gasflußverhältnis von dem Brenner (18) zugeführten Gasen, programmgesteuert zu verändern.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, mit einem Roboter (20), an dem der Brenner (18) zur gesteuerten Bewegung des Brenners (18) relativ zum Substrat (14) aufgenommen ist.

11. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10 zur Erzeugung von Flächenheizkörpern (50; 54, 56, 58, 60, 62; 68, 70) auf Kochfeldern (64) oder rohrförmigen Körpern (66), wie etwa Rohrheizern für Fluide oder Ofenmuffeln.

12. Substrat mit einer Oberfläche, auf der mindestens eine elektrische Leiterbahn (16, 17) vorgesehen ist, die nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



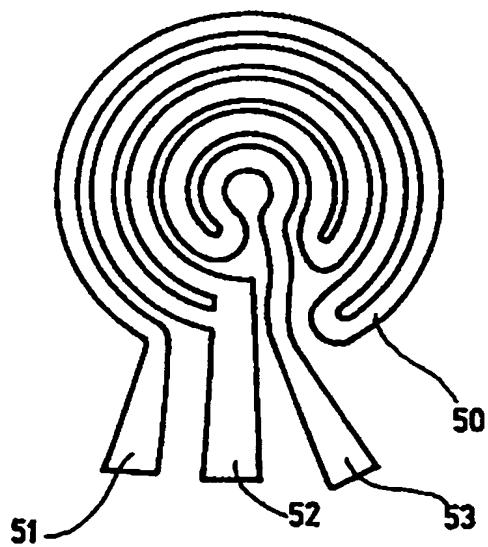


Fig.2

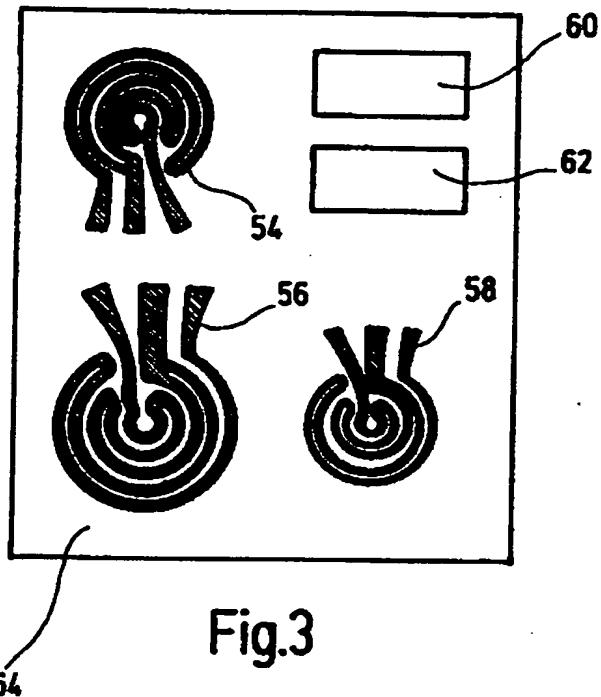


Fig.3

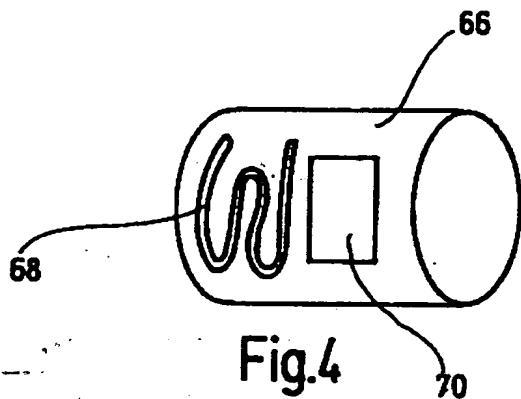


Fig.4

## METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING AN ELECTRICAL STRIP CONDUCTOR ON A SUBSTRATE

Patent Number:  WO03049500

Publication date: 2003-06-12

Inventor(s): KILLINGER ANDREAS (DE); LI CHUANFEI (DE); GADOW RAINER (DE); HINREINER WOLFGANG (DE); WERMBTER KARSTEN (DE)

Applicant(s): KILLINGER ANDREAS (DE); LI CHUANFEI (DE); SCHOTT GLAS (DE); GADOW RAINER (DE); ZEISS STIFTUNG (DE); HINREINER WOLFGANG (DE); WERMBTER KARSTEN (DE)

Requested Patent:  DE10160451

Application Number: WO2002EP12969 20021120

Priority Number (s): DE20011060451 20011205

IPC Classification: H05B3/00

EC Classification: H05B3/26C, H05K3/14

Equivalents:

Cited patent(s):

---

### Abstract

---

The invention relates to a method and a device for producing an electrical strip conductor (16, 17), especially a surface heat conductor, on a substrate (14). According to the invention, an electroconductive material is sprayed onto the substrate (14), by means of thermal spraying, preferably by means of plasma spraying, using a torch (18), the torch (18) and the substrate (14) being displaceable in relation to each other. The geometric form or the longitudinal direction of the strip conductor (16, 17) produced and/or the electroconductivity of said strip conductor (16, 17) can be topically varied by adapting the spraying parameters and/or the relative speed or direction of the torch (18) in relation to the substrate (14) and vice versa in a targeted manner during the spraying process.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

DOCKET NO: TER-001115

SERIAL NO: 10/647,542

APPLICANT: Zahradnik et al.

LERNER AND GREENBERG P.A. P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100